科学通报 2015 年 第 60 卷 第 8 期：780
简 报 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

偶极化峰面附近离子通量消退现象

石雪灵[1,2]，陈涛[1*]，张灵倩[1]，段素平[1]，刘江[3]，何兆海[1]

① 中国科学院空间科学与应用研究中心，空间天气学国家重点实验室，北京 100190;
② 中国科学院大学地球科学学院，北京 100049;
③ Department of Earth, Planetary and Space Sciences and Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles, California 90095, USA
* 联系人, E-mail: tchen@nssc.ac.cn

国家自然科学基金(40774081)、国家重点基础研究发展计划(2011CB811404)和空间天气学国家重点实验室专项经费资助

偶极化锋面在观测统计以及个例分析中被广泛研究．它最主要的特征是北向磁场(GSM坐标系下的B_z 分量)的突然增强，并且之前B_z会出现短暂的减小．观测结果显示偶极化锋面是一种地向传播、厚度只有离子回旋半径量级的结构，并且通常伴随着强的瞬态电场、波动以及电流．观测和模拟结果都表明当偶极化锋面通过卫星时，测得的粒子通量在某一能量阈值以下下降，而在该阈值以上的通量则上升．锋面附近电子和离子的加速一直是这几年研究的热点．尽管锋面附近粒子加速现象已经被广泛研究，但是锋面后高能离子通量减少的机制还没有被探究清楚．利用THEMIS(The History of the Events and Macroscale Interactions during Substorm)卫星观测到的偶极化锋面附近离子通量变化的情况，我们将探究偶极化锋面附近离子的行为特征．

2009 年 3 月 31 日 08:26 UT 左右，THEMIS卫星在近地等离子体片X_{GSM} = −11 R_E处观测到偶极化锋面附近的离子通量的无色散消退和密度急剧减小．由THC卫星上的静电分析仪(ESA)和固态望远镜(SST)仪器测得的450~150 keV能量段的离子微分通量在偶极化锋面出现之前约2 s开始缓慢下降，6 s后达到了局部最低值．然后，离子通量又逐步上升，从而在锋面附近形成了离子通量消退的现象．该离子通量消退的空间尺度约为4000 km．能量段在20 keV以上的离子通量在消退之后比消退之前高，然而能量段在20 keV以下的则正好相反，这与前人的观测现象相吻合．观测显示该离子通量消退同时对应当地离子密度的极小值，并且处在锋面后的强磁场(峰值约30 nT)区域，该区域也被称为“通量堆积区”．利用多颗卫星联合观测，我们发现该事件中THD，THC和THE先后观测到同一个偶极化锋面，但是只有THC在锋面附近观测到了明显的离子通量消退，THD在THC约2 s之前观测到了不明显的离子通量消退，而THE并没有观测到高能段(E > 30 keV)的离子通量消退．

这个现象揭示了高能离子通量在偶极化锋面后不一定总是上升，在我们报道的事件中它是先下降后上升，在锋面附近形成了几百eV到150 keV能量段离子通量的几乎无色散消退．在离子通量消退之前出现的电子通量消退暗示电子和离子的去耦合，这可能在偶极化锋面附近引发强的电场．因为离子和电子的回旋半径以及漂移路径都有很大差别，离子通量消退与以前观测到的偶极化锋面上的电子通量消退二者形成原因不一样．我们观测到的离子通量消退既不同于辐射带和同步轨道区域观测到的粒子通量消退现象，也与由于等离子体片变薄使得卫星进入尾瓣观测到的粒子通量消退不一样．本文观测到的离子通量消退与偶极化锋面的形成和地向传播过程有关．通过多颗卫星的联合观测，我们猜测该离子通量消退可能和偶极化锋面同时产生，它的特性与相对锋面的位置有关．另一方面，该离子通量消退区是锋面之前的离子和锋面之后爆发性整体流里的离子的过渡区，它能区分来源不同的两类离子．同时它的形成也可能与这两类离子地向运动过程中的相互作用有关．

全文见：Shi X L, Chen T, Zhang L Q, et al. Ion flux dropout observed near dipolarization front. Chin Sci Bull, 2014, 59: 4790–4796, doi: 10.1007/s11434-014-0616-8